

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ СТАНУ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ ЗА ПОКАЗНИКОМ IRI
STATISTICAL ANALYSIS OF STREET AND ROAD NETWORK CONDITIONS BASED ON THE IRI INDEX



Мороз Тарас Михайлович, аспірант, Національний транспортний університет, начальник Центру випробувань ДП «Дорожній науково-технічний центр», e-mail: carmen_17@ukr.net, тел. +380961867092, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 206,

<https://orcid.org/0000-0001-6730-3004>

Анотація. У статті досліджено застосування показника IRI для оцінювання стану дорожнього покриття вулиць різного типу у межах населеного пункту: магістральних міського та районного значення, житлових та промислових. Розглянута можливість застосування диференційної системи оцінювання рівності дорожнього покриття, що дало змогу більш точно визначити його стан за п'ятьма градаціями – від відмінного до критичного. Був проведений статистичний аналіз зібраних даних, що дозволило оцінити стан мережі та виявити пріоритетні вулиці при плануванні ремонтних заходів.

Ключові слова: транспортно-експлуатаційні показники; експлуатаційне утримання; рівність; IRI; диференційний метод

Вступ. Регулярний моніторинг і оцінка стану вулично-дорожньої мережі та дослідження зібраних даних дозволяє правильно розставити пріоритети при плануванні ремонтних заходів для підтримки її у належному стані.

Ця стаття містить результати статистичного аналізу зібраних даних вулично-дорожньої мережі Деснянського р-ну м. Києва за показником рівності IRI. Це дозволило детальніше дослідити технічний стан дорожнього покриття на вулицях різних типів та виявити вулиці з проблемними ділянками, які потребують ремонту.

Мета. Метою написання статті є дослідження стану доріг різних типів у межах населеного пункту за показником IRI, що базується на методах статистичного аналізу.

Основна частина. В населених пунктах відповідно до [3], що регламентує вимоги до експлуатаційного стану автомобільних доріг за умовами забезпечення безпеки дорожнього руху відсутні вимоги до рівності дорожнього покриття за показником IRI для магістральних вулиць міського, районного значення та житлових вулиць і висуваються вони лише до магістральних доріг (максимальне значення не повинно перевищувати 3,1 м/км). Згідно з [2] такі норми наявні лише для капітального типу дорожнього одягу на магістральних дорогах безперервного руху і його значення не повинно перевищувати 2,0 м/км. Такий підхід визначення технічного стану дорожнього покриття дає можливість застосувати лише *бінарний метод оцінювання*, порівнюючи виміряне значення IRI з вимогою нормативного документу. В результаті такого оцінювання можливі лише два варіанти висновку про стан дорожній покрив вулиці магістрального типу: «відповідає вимогам нормативного документу» і «не відповідає вимогам нормативного документу» тобто «задовільний» або «незадовільний» (рис. 1) [5]. До того ж, оцінити стан дорожнього покриття вулиць іншого типу, окрім магістральних, взагалі неможливо.

Недолік такого оцінювання полягає в його обмеженості. Він не дозволяє врахувати градації або ступені різниці між оцінюваними варіантами, надаючи лише два можливі результати. Застосування такого методу оцінювання має ряд недоліків:

1. **Втрата нюансів:** Бінарний висновок не може відобразити проміжні рівні чи ступені, що важливо для більш точного оцінювання.
2. **Недостатня деталізація:** При такому оцінюванні важко відобразити складніші явища або відмінності між дорогами, що може призвести до спрощення реальної ситуації, проте не дає достатньої деталізації.

Приклад: в результаті оцінювання 2-ох доріг були отримані середні значення рівності за показником IRI:

Таблиця 1 – Приклад некоректного оцінювання стану дорожнього покриття [5]

Table 1 – Example of incorrect assessment of road surface condition [5]

Дорога	Значення IRI	Технічний стан
Дорога А	3,2 м/км	Незадовільний
Дорога Б	7,7 м/км	Незадовільний

1. **Дорога А:** має деякі незначні дефекти, наприклад, дрібні тріщини, лущення, але загалом перебуває в доброму стані.
2. **Дорога Б:** має значні дефекти, такі як вибоїни, глибоку колю, що суттєво впливають на комфорт і безпеку руху.

За бінарним методом обидві дороги будуть віднесені до категорії «незадовільний стан», оскільки вони не відповідають критеріям, наведеним в нормативних документах. Однак, цей підхід не дозволяє врахувати різницю в стані доріг А і В. Це призводить до:

- **Відсутності пріоритетизації:** Дорога А потребує меншого ремонту порівняно з дорогою В, але бінарний метод не дозволяє зробити цей висновок. В результаті, дороги з різним рівнем пошкоджень можуть отримати однакову пріоритетність для ремонту, що може бути неефективним з точки зору використання ресурсів.
- **Неповна картина:** експлуатаційні служби не отримують повної картини стану доріг. Вони не можуть зрозуміти, наскільки кожна з доріг є проблемною і які конкретні дії слід вжити для їхнього покращення.

Таким чином, бінарний метод оцінювання доріг призводить до недостатньої деталізації, що може негативно вплинути на ухвалення рішень щодо ремонту і утримання доріг та розподілу ресурсів

3. **Обмеження в прийнятті рішень:** У деяких випадках, коли потрібно врахувати декілька факторів або критеріїв, бінарний підхід може бути занадто спрощеним і не надасть достатньо інформації для обґрунтованого рішення.

Через ці недоліки бінарне оцінювання є менш придатним у ситуаціях, де потрібна багатофакторна оцінка або аналіз складних ситуацій. В таких випадках використання шкали, яка надає більше градацій, дозволяє отримати більш точну і детальну оцінку.

Натомість пропонується застосування *диференційного методу оцінювання* рівності дорожнього покриття за показником IRI відповідно до шкали технічних станів "відмінний", «хороший», «задовільний», «незадовільний» та «критичний», враховуючи при цьому тип вулиці. Граничні значення такої шкали наводяться у таблиці 2 [5].

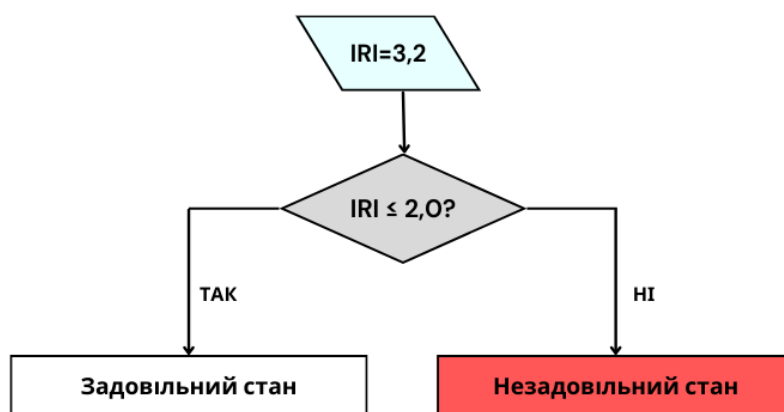


Рисунок 1 – Алгоритм бінарного оцінювання технічного стану дорожнього покриття магістральної вулиці безперервного руху [5]

Figure 1 – Algorithm for binary assessment of the technical condition of the road surface of a main street with continuous traffic [5]

Таблиця 2 – Граничні значення IRI для оцінки стану вулиць населених пунктів [5]

Table 2 – IRI threshold values for assessing the condition of streets in settlements [5]

Тип вулиці	Технічний стан				
	Відмінний	Хороший	Задовільний	Незадовільний	Критичний
Магістральні вулиці міського значення	$IRI < 1,5$	$1,5 \leq IRI < 3,0$	$3,0 \leq IRI < 4,5$	$4,5 \leq IRI < 6,0$	$IRI \geq 6,0$
Магістральні вулиці районного значення	$IRI < 2,0$	$2,0 \leq IRI < 4,0$	$4,0 \leq IRI < 5,5$	$5,5 \leq IRI < 7,0$	$IRI \geq 7,0$
Житлові вулиці	$IRI < 2,5$	$2,5 \leq IRI < 4,5$	$4,5 \leq IRI < 6,0$	$6,0 \leq IRI < 7,5$	$IRI \geq 7,5$
Промислові вулиці	$IRI < 3,0$	$3,0 \leq IRI < 5,0$	$5,0 \leq IRI < 7,0$	$7,0 \leq IRI < 8,0$	$IRI \geq 8,0$

Наведені дані враховують обумовлені специфікою та функціональним призначенням кожного типу вулиць. Вони відображають загальні міжнародні підходи та світовий досвід в оцінці стану дорожнього покриття в умовах міста.

□ Магістральні вулиці міського значення – це основні транспортні артерії міста, які забезпечують найвищий рівень пропускної здатності та пов’язані з найінтенсивнішим трафіком.

□ Магістральні вулиці районного значення – це важливі вулиці в межах районів, які також мають значне транспортне навантаження, але менше, ніж міські магістралі.

□ Житлові вулиці – це вулиці, що розташовані в житлових зонах, з менш інтенсивним рухом і більшою кількістю пішоходів.

□ Промислові вулиці – вулиці, що забезпечують доступ до промислових зон; вони можуть мати вищий допустимий рівень IRI через більші навантаження та специфіку використання.

Для визначення технічного стану дорожнього покриття за диференційним методом застосовується ітераційний підхід, який полягає у покроковому визначенні діапазону, в межах якого знаходиться визначене значення IRI (рис. 2) [5].

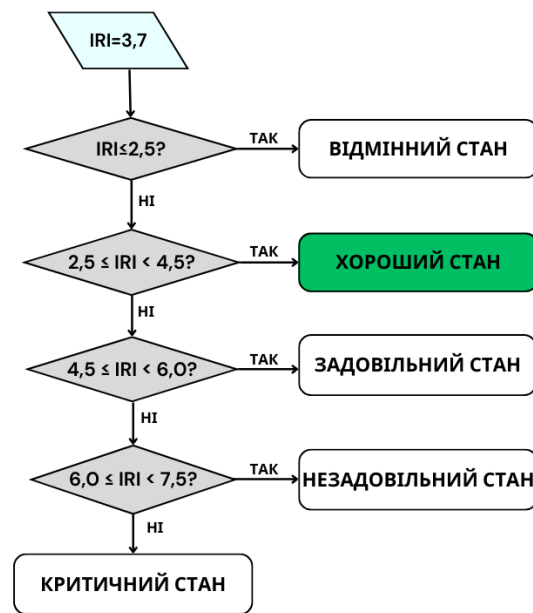


Рисунок 2 – Алгоритм диференційного оцінювання технічного стану дорожнього покриття житлової вулиці [5]

Figure 2 – Algorithm for differential assessment of the technical condition of the road surface of a residential street [5]

Статистичний аналіз

Після збору та дослідження даних про стан вулично-дорожньої мережі Деснянського р-ну м. Києва [5] був проведений статистичний аналіз зібраних даних.

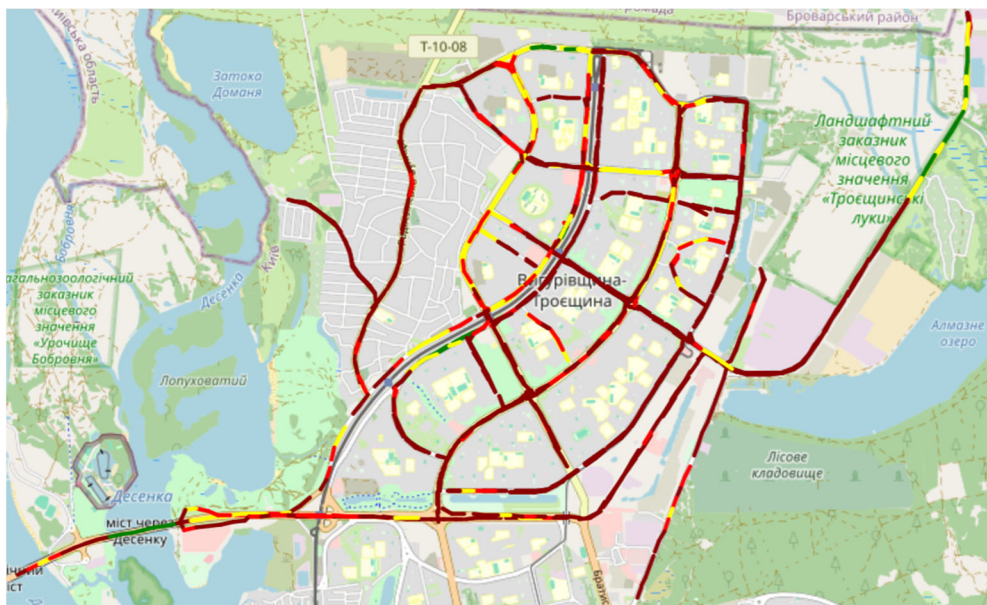


Рисунок 3 – Картограма районної вулично-дорожньої мережі за показником IRI
Figure 3 – Map of the district street and road network according to the IRI indicator

Таблиця 3 – Зведена таблиця результатів визначення рівності за показником IRI вулично-дорожньої мережі м/м Троєщина Деснянського р-ну м. Києва

Table 3 – Summary table of the results of determining the equality according to the IRI indicator of the street and road network of the Troyeshchyna municipality, Desniansky district, Kyiv

№	Вулиця	Кількість сегментів	Загальна довжина сегментів, м	Середнє значення IRI, м/км	Мінімальне значення IRI, м/км	Максимальне значення IRI, м/км	Мода значень IRI, м/км	Медіана значень IRI, м/км	Технічний стан за середнім значенням IRI
1	Шухевича	75	8268	6,15	2,29	12,35	4,46	6,04	Критичний
2	Рейгана	43	4785	6,38	3,17	11,01	3,17	6,39	Критичний
3	Червоної Калини	84	9484	7,43	3,07	13,43	4,06	6,95	Критичний
4	Закревського	74	7922	9,07	4,24	16,72	8,55	8,94	Критичний
5	Бальзака	124	13598	6,18	2,30	14,59	9,48	5,59	Незадовільний
6	Милославська	50	5464	6,78	2,34	15,07	2,34	6,46	Незадовільний
7	Беретті	9	989	4,82	3,19	6,93	3,19	4,65	Задовільний
8	Бикова	5	541	4,88	4,23	5,78	4,23	4,73	Задовільний
9	Будищанська	3	319	11,72	8,32	14,96	8,32	11,87	Критичний
10	Висоцького	8	834	7,35	4,15	15,79	4,15	6,28	Незадовільний
11	Градінська	10	1058	7,56	4,19	10,59	4,19	8,01	Критичний
12	Данькевича	12	1321	11,41	7,24	14,81	7,24	11,38	Критичний
13	Деснянська	24	2582	10,67	7,56	15,86	7,56	10,87	Критичний
14	Екстер	19	2101	6,99	3,26	15,42	3,26	4,65	Незадовільний
15	Каштанова	14	1550	10,65	4,78	18,40	4,78	10,69	Критичний
16	Курінного	14	1503	7,38	4,93	12,64	4,93	6,42	Незадовільний
17	Лаврухіна	7	727	7,55	3,00	11,95	3,00	6,79	Критичний
18	Лифаря	34	3780	9,04	3,91	16,77	3,91	8,87	Критичний
19	Лісківська	22	2527	7,23	4,19	11,50	4,19	7,13	Незадовільний
20	Ніколаєва	10	1210	11,40	7,21	21,75	7,21	10,03	Критичний
21	Радосинська	33	3566	8,72	5,92	12,18	8,70	8,69	Критичний
22	Радунська	34	3684	4,39	2,77	6,77	4,27	4,31	Хороший
23	Пухівська	76	8231	6,65	2,00	12,70	3,09	7,12	Задовільний
24	Електротехнічна	30	3365	10,71	5,98	15,50	11,71	10,88	Критичний
25	Меліоративна	17	1868	8,06	5,00	14,58	5,00	7,51	Критичний
26	Крайня	20	2102	10,11	3,92	16,50	3,92	10,64	Критичний

В результаті збору та аналізу даних про стан вулично-дорожньої мережі були проведені обчислення медіан та середніх значень показника IRI для кожної вулиці (табл.3, рис. 4-5). Це допомагає виявити **нестабільність якості покриття**, навіть якщо загальне середнє виглядає прийнятним.

Середнє значення IRI, що суттєво перевищує медіану (вул. Крайня та вул. Радунська) свідчить про наявність локальних пошкоджень, що суттєво впливають на загальний технічний стан дорожнього покриття.

За різницею цих показників була створена діаграма Бертінга (рис.6), а за абсолютними середніми значеннями показника IRI - теплова карта (рис. 7), що дозволяє миттєво розпізнати вулиці, які перебувають в найгіршому стані і яким має бути відданий пріоритет при плануванні проведення ремонтних заходів.

Промислові вулиці мають найвищий показник IRI, що свідчить про найгірший стан. Магістральні вулиці міського значення найстабільніші, оскільки мають найменший розкид.

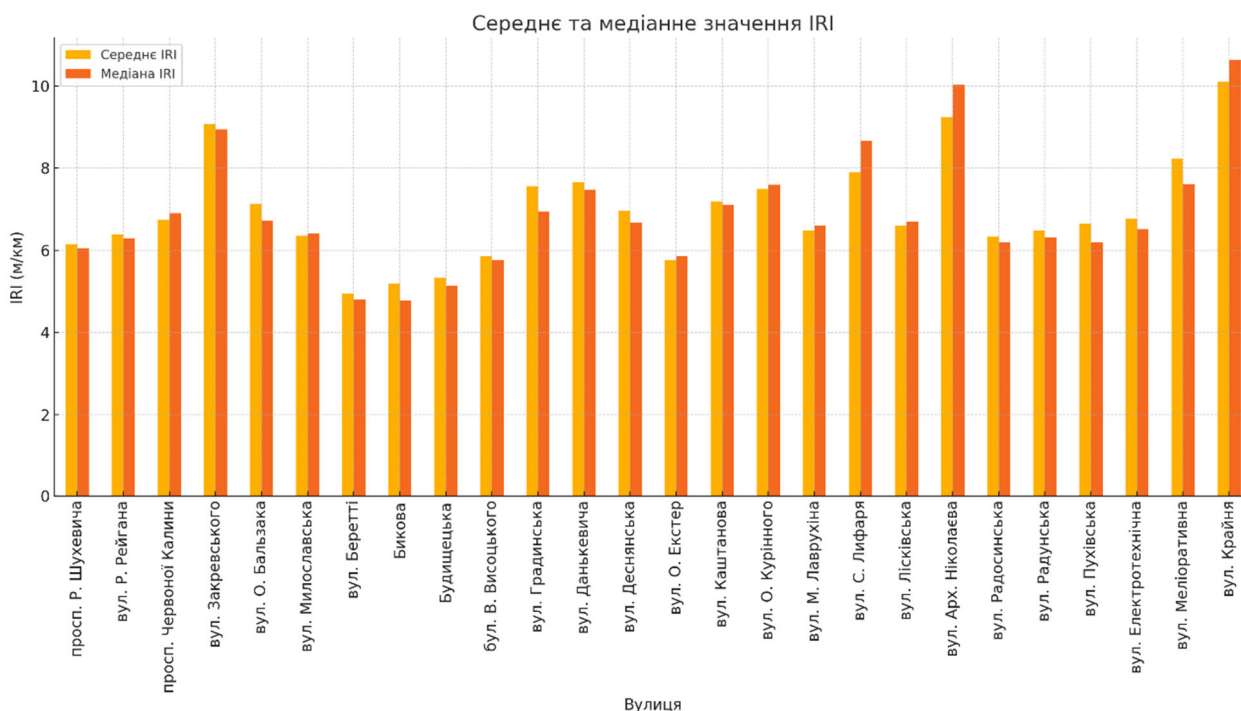


Рисунок 4 – Гістограма медіан та середніх значень IRI
Figure 4 – Histogram of medians and averages of IRI values

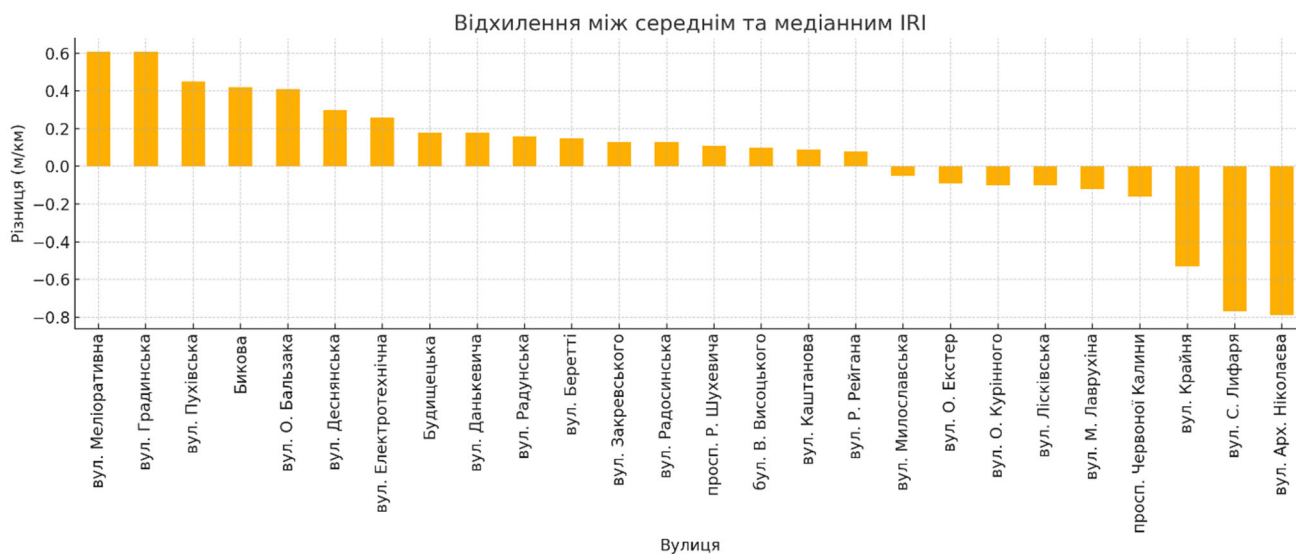


Рисунок 5 – Гістограма відхилень середніх та медіанних значень IRI
Figure 5 – Histogram of deviations of mean and median IRI values

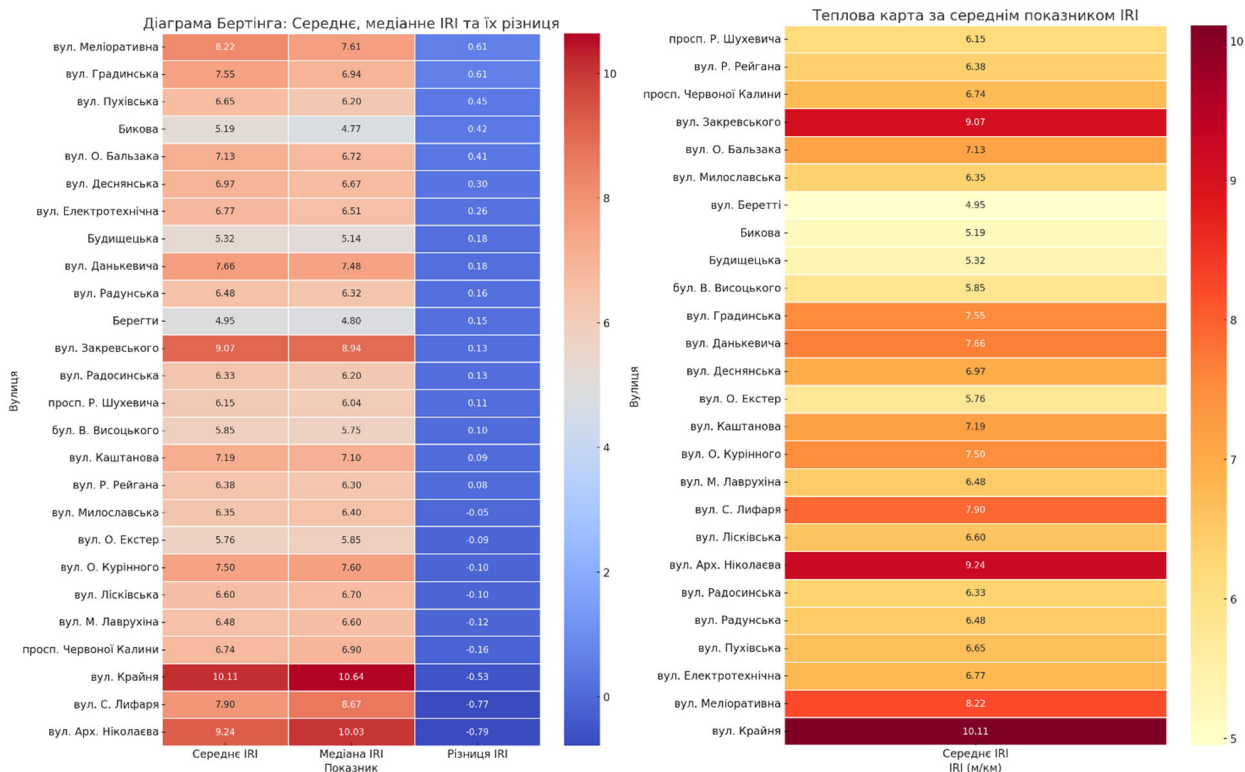


Рисунок 6 – Діаграма Бертінга за різницею значень середнього IRI та медіаною та теплова карта за середнім IRI
Figure 6 – Berting diagram by the difference of the mean IRI values and the median and heat map by the mean IRI

Наступним кроком було створення гістограми розподілу типу «боксплот» за середнім значенням IRI для всіх категорій вулиць.

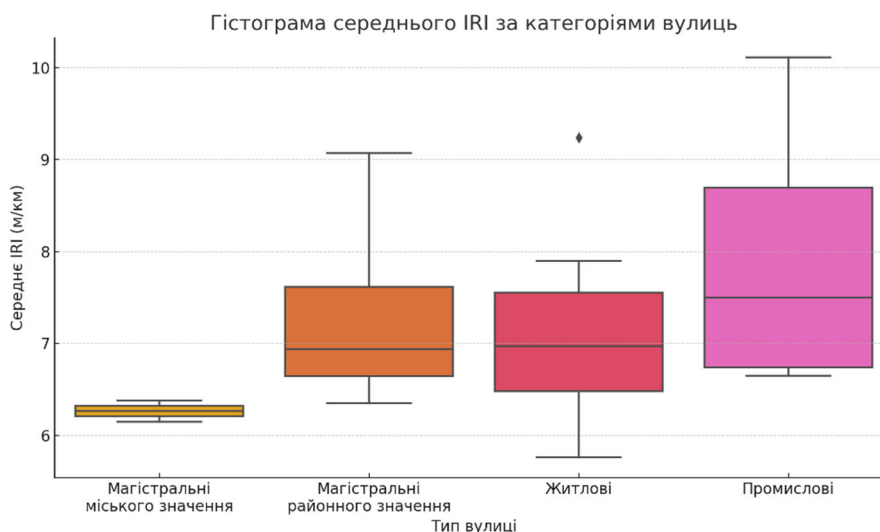


Рисунок 7 – Гістограма середнього IRI за категоріями вулиць
Figure 7 – Histogram of average IRI by street category

Висновки. Застосування диференційної системи оцінювання IRI дало можливість кількісно оцінити стан вулично-дорожньої мережі у межах населеного пункту, а застосування методів статистичного аналізу дозволило більш глибоко дослідити зібрані дані. Побудовані за результатами аналізу діаграми відображають відмінності в стані вулиць різних категорій, що обумовлено їхнім функціональним призначенням.

Перелік посилань:

1. Chen, S.-L., Lin, C.-H., Tang, C.-W., Chu, L.-P., & Cheng, C.-K. (2020). Research on the international roughness index threshold of road rehabilitation in metropolitan areas: A case study in Taipei City. *Sustainability*, 12, 10536.
2. ДБН В.2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів. Зі Зміною № 1
3. ДСТУ 3587:2022 Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги. Вимоги до експлуатаційного стану
4. ДСТУ 8745:2017 Автомобільні дороги. Методи вимірювання нерівностей основи і покриття дорожнього одягу
5. Moroz T. (2024). Differential method for assessing the evenness of the road surface of the street and road network by the IRI index. *Scientific Journal of Polonia University*, 66(5), 270-282. <https://doi.org/10.23856/6630>

STATISTICAL ANALYSIS OF STREET AND ROAD NETWORK CONDITIONS BASED ON THE IRI INDEX

Moroz Taras Mykhailovych, head of the testing center, State Enterprise "Road Scientific and Technical Center", graduate student, National Transport University, graduate student of the department of transport construction and property management, e-mail: carmen_17@ukr.net, +380961867092, Ukraine, 01010, Kyiv, str. Omelianovycha-Pavlenka, 1, room 206, <https://orcid.org/0000-0001-6730-3004>

Abstract. Regular monitoring and assessment of the condition of the street and road network, along with analysis of collected data, make it possible to properly prioritize repair planning to maintain the network in an appropriate condition. This article presents the results of a statistical analysis of street and road network data collected in the Desnianskyi district of Kyiv, based on the IRI (International Roughness Index). This enabled a more detailed examination of the technical condition of the road surface on streets of various types and helped identify streets with problematic sections that require repair.

Key words: Pavement management systems, highway operations, road network, Structural and functional prediction of roads, pavement condition

References

1. Chen, S.-L., Lin, C.-H., Tang, C.-W., Chu, L.-P., & Cheng, C.-K. (2020). Research on the international roughness index threshold of road rehabilitation in metropolitan areas: A case study in Taipei City. *Sustainability*, 12, 10536.
2. ДБН В.2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів. Зі Зміною № 1. [in Ukrainian]
3. ДСТУ 3587:2022 Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги. Вимоги до експлуатаційного стану. [in Ukrainian]
4. ДСТУ 8745:2017 Автомобільні дороги. Методи вимірювання нерівностей основи і покриття дорожнього одягу. [in Ukrainian]
5. Moroz T. (2024). Differential method for assessing the evenness of the road surface of the street and road network by the IRI index. *Scientific Journal of Polonia University*, 66(5), 270-282. <https://doi.org/10.23856/6630>